

STUDI PERLAKUAN TERHADAP TANAH UNTUK MENENTUKAN NILAI RESISTANSI DAN TAHANAN JENIS PENTANAHAN

Erliza Yuniarti¹, Abdul Majid², Faisal³

^{1,2,3} Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
erlizay@yahoo.com¹, abdulmajid3112@gmail.com², faisal_1303@rocketmail.com³

ABSTRAK

Sistem pentanahan pada suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk melepaskan arus petir ke dalam bumi atau arus gangguan. Tujuan penelitian ini untuk memperkecil nilai resistansi atau tahanan pentanahan untuk pengamanan personil dan peralatan-peralatan listrik. Perlakuan terhadap elektroda pentanahan jenis *rod* yang terbuat dari tembaga dan baja dapat efektif mampu menurunkan nilai resistansi tanah, menggunakan metode pengukuran tiga titik. Pencampuran zat aditif kalsium oksida (CaO) seberat 10 kg pada tanah kerikil basah mengakibatkan kenaikan nilai resistansi tanah 547-745 Ω , dan nilai tahanan jenis tanah 749,06-1020,19 $\Omega.m$ mendekati nilai dengan jenis tanah berkerikil kering, sebaliknya penambahan zat aditif gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) yang dapat menyerap air berhasil menurunkan nilai resistansi pentanahan menjadi 54,72-63,70 Ω dan merubah tahanan jenis tanah dari tanah kerikil basah menjadi jenis tanah ladang.

Kata kunci : Gypsum, Calsium Oksida, Resistansi Pentanahan

I. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan (*grounding system*) merupakan sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi dan tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan atau arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.

Sistem pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, dan lain-lain. Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral (Hutahuruk, 1991) dari suatu sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu sistem proteksi. Memprediksikan nilai hambatan pentanahan dapat dilakukan dengan mengetahui jenis tanah (Hermansyah, 2018), namun ada faktor lain yang juga harus diperhatikan seperti kelembaban, suhu, pH tanah dan lapisan penyusun jenis tanah.

Peralatan utama sistem pentanahan adalah elektroda, dalam pemilihan elektroda harus diperhatikan bahan maupun sifat elektrodanya, yang terutama harus mempunyai konduktifitas yang tinggi serta resistifitas yang rendah, agar arus yang mengalir cepat kedalam tanah (Andini, Mantin, & Gusmedi, 2016). Jika tanah memiliki kelembaban kurang dari 15% dari berat tanah maka tahanan akan naik. Upaya untuk mempertahankan kelembaban tanah dapat ditambahkan air dan garam sebagai zat aditif untuk merubah komposisi kimia tanah, namun garam berakibat buruk karena elektroda pentanahan karena elektroda akan cepat mengalami korosi. Penggunaan zat aditif seperti bentonit teraktivasi (Devi, 2016), gypsum (Yuniarti, 2015), atau macronite dapat dicampurkan langsung dengan tanah, dan dimasukan ke lubang penelitian, dengan perlakuan diatas mampu mereduksi tahanan pentanahan himgga 60% (Widyaningsih, 2013).

Pencampuran batu kapur (CaO), gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) kedalam lubang elektroda diujikan untuk mendapatkan pengaruh bahan campuran terhadap perubahan nilai resistansi pentanahan dan tahanan jenis tanah. Tanah lokasi percobaan diukur terlebih dahulu dengan 2 elektroda *rod* dari bahan yang berbeda untuk mendapatkan korelasi antara bahan dengan nilai resistansinya, dengan menggunakan metode tiga titik

II. TINJUAN PUSTAKA

A. Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan maupun arus abnormal. Nilai dari tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan

pentanahan $<5 \Omega$ (Nasional, 2000), sedangkan untuk peralatan elektronika dibutuhkan nilai tahanan pentanahan $<3 \Omega$ bahkan beberapa perangkat yang sensitif membutuhkan nilai tahanan pentanahan $<1 \Omega$. Upaya mendapatkan nilai pentanahan $<3 \Omega$ untuk peralatan elektronik cukup sulit karena nilai pentanahan juga dipengaruhi oleh faktor jenis tanah, suhu dan kelembaban, dan kondisi elektrolit tanah (Widyaningsih, 2013).

Sistem pentanahan antara bertujuan menjaga keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak, yakni dari sengatan sentuh atau sengatan langkah. Pentanahan diharapkan dapat menjamin kerja peralatan listrik atau elektronik, mencegah kerusakan peralatan listrik atau elektronik, menyalurkan energi serangan petir ke tanah, menstabilkan tegangan dan memperkecil kemungkinan terjadinya *flashover*. Agar sistem pentanahan dapat bekerja secara efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan diantaranya membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkaian efektif (Tanjung, 2015). Diharapkan dapat menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge current*); menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi; menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah pelayanan.

B. Nilai Resistansi Tanah

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah. Tahanan tanah bervariasi di berbagai tempat dan cenderung berubah menurut cuaca. Tahanan tanah ditentukan juga oleh kandungan elektrolit di dalamnya, kandungan air, mineral dan garam (Hutahuruk, 1991).

Tanah yang kering umumnya mempunyai tahanan yang tinggi, namun demikian tanah yang basah juga dapat mempunyai tahanan yang tinggi apabila tidak mengandung garam-garam yang dapat larut. Tahanan tanah berkaitan langsung dengan kandungan air dan suhu, dengan demikian dapat diasumsikan bahwa tahanan suatu sistem pentanahan akan berubah sesuai dengan perubahan iklim setiap tahunnya. Untuk memperoleh kestabilan resistansi pentanahan, elektroda pentanahan dipasang pada kedalaman optimal mencapai tingkat kandungan air yang tetap.

Tabel 1. Resistansi Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tanah Berbatu	Kerikil Kering	Kerikil Basah	Pasir Basah	Tanah Pertanian	Tanah Rawa
Resistansi Jenis Tanah ($\Omega.m$)	3000	1000	500	200	100	30

Sumber: Peraturan Umum Tentang Elektroda Batang Bumi Dan Penghantar (SNI 04. 0225- 2000)

C. Konduktivitas Elektroda

Komponen dari sistem pentanahan yang paling dibutuhkan yaitu elektroda. Bahan yang umum digunakan untuk elektroda yaitu tembaga, besi yang di chrom dan baja. Syarat yang utama untuk elektroda pentanahan adalah tidak mudah berkarat (*non-corrosive metal*), kukuh secara mekanis terhadap desakan atau pukulan dan memiliki konduktivitas yang tinggi (Siswanto, Kurnianto, & Rajagukguk, 2018). Bahan yang mempunyai konduktivitas cukup tinggi yaitu tembaga, tetapi tembaga memiliki kelemahan yaitu tembaga akan membentuk semacam sel galvanis dengan bahan logam lain yang tertanam didalam tanah.

Usaha pencegahan korosi dengan cara melapisi tembaga dengan timah atau aspal. Bila menggunakan bahan dari baja konduktivitasnya sangat rendah tetapi tahan terhadap korosi dan memiliki ketahanan terhadap tekanan. Terkadang sebagai bahan elektroda digunakan aluminium, tetapi pada jenis lapisan tanah tertentu aluminium bisa berkarat aluminium memiliki konduktivitas yang tinggi (Soeprapto & Rida, 1981).

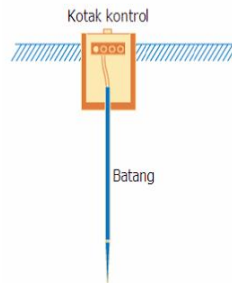
Tabel 2. Konduktivitas Bahan Logam

Bahan Logam	Perak	Tembaga	Aluminium	Kuningan	Besi	Baja	Timbal	Raksa
$K (W/m.K)$	406,0	385,0	205,0	109,0	73	50,2	34,7	8,3

D. Elektroda Batang

Elektroda batang adalah batang sederhana, sebaliknya dapat memberikan impedansi surja yang dapat berharga sekitar separuh harga tahanan frekuensi rendahnya. Elektroda ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis, elektroda jenis ini mudah pemasangannya dan tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang biasanya ditanam dengan kedalaman yang cukup dalam

Elektroda batang terbuat dari pipa atau besi baja profil berdiameter minimum 5/8” atau batang logam baja profil/galvanis berdiameter 1,5” yang dipancangkan ke dalam tanah (Nasional, 2000). Selain elektroda batang pentanahan memiliki jenis lain diantaranya ialah Elektroda pita, Elektroda pelat. Metode penanaman elektroda yang banyak digunakan pada sistem pentanahan antaranya sistem pentanahan *driven rod*, Sistem pentanahan *counterpoise*, sistem pentanahan grid.



Gambar 1. Elektroda Batang

Besarnya tahanan pentanahan untuk elektroda batang (rod) dapat ditentukan ;

$$R_G = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[1n \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right]$$

Dengan :

R_G	= Tahanan Pentanahan (Ω)
R_R	= Tahanan Pentanahan untuk Batang Tunggal (Ω)
ρ	= Tahanan Jenis Tanah ($\Omega.m$)
L_R	= Panjang Elektroda (m)
A_R	= Diameter Elektroda (m)

E. Gypsum dan Calsium Oksida

Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gypsum merupakan mineral dan terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Di dalam gypsum terkandung dua molekul yaitu CaSO_4 dan $2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum terbagi menjadi dua yaitu anhidrit dan dehydrate. Gypsum anhidrit terbentuk dari 32,6% zat kapur (Ca), 20,9% H_2O dan 32,6% belerang (S), jika dehydrate kandungannya sama dengan anhidrit yang membedakan adalah molekul airnya. Penggunaan gypsum tidak menimbulkan pencemaran udara dan tanah, selain itu murah, tahan api, tahan deteriorasi oleh faktor biologis dan tahan terhadap zat kimia. Pada penelitian terdahulu (Hermanto, Ahmadi, & Yuniarti, 2017) gypsum dapat dimanfaatkan menurunkan resistansi pentanahan, penambahan berat gypsum berbanding lurus terhadap penurunan resistansi pentanahan.

Calsium oksida (CaO), adalah hasil pembakaran kapur mentah kalsium karbonat (CaCO_3) pada suhu kurang lebih 90°C , senyawa kimia ini yang digunakan secara luas untuk campuran semen dan sebagai bahan bakar. Calsium oksida merupakan kristal basa, kaustik, zat padat putih pada suhu kamar, dengan keasaman 12,8. Istilah yang luas digunakan “kapur” berkonotasi bahan anorganik yang mengandung calsium, yang meliputi karbonat, oksida dan hidroksida kalsium, silikon, magnesium, aluminium, dan besi mendominasi, seperti batu gamping. Sebaliknya, “kapur mentah” khusus berlaku untuk senyawa kimia tunggal.

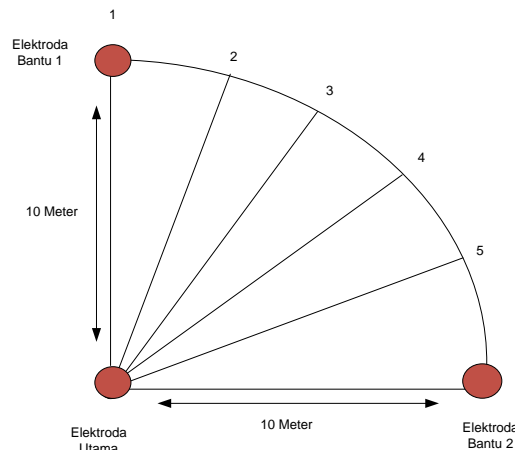
III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental dan pengukuran lapangan, dengan terurai dalam alur penelitian sebagai berikut,

A. Lubang galian elektroda pentanahan

Tanah digali sedalam 100 cm berbentuk persegi panjang dengan diameter 30 cm, agar pembuatan lubang sesuai yang diinginkan maka digunakan peralatan manual.

- B. Persiapan zat aditif
Mempersiapkan dan mengayak gypsum yang akan digunakan serta dibersihkan dari kotoran dan gypsum yang mengkristal dapat menjadi butiran kecil, calsium oksida yang menggumpal ditumbuk dan juga dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran sehingga calsium oksida yang mengkristal dapat menjadi butiran kecil.
- C. Penentuan titik sentris
Alat ukur *earth tester* dipasang dan titik elektroda batang ditanam, dengan ketentuan letak sentris alat dan elektroda ditengah-tengah lokasi yang di ukur.
Metode pengukuran tahanan menggunakan metode tiga titik, dimana 1 batang elektroda memiliki 2 buah titik atau pasak bantu



Gambar 2. Pengukuran dengan Metode 3 Titik dengan sudut 90^0

- D. Metode perlakuan terhadap tanah
Percobaan atau eksperimen pertama kali adalah pengukuran langsung atau dikenal dengan tanpa perlakuan dilanjutkan dengan 3 variasi komposisi zat aditif (perlakuan), diukur sebanyak 5 (lima) kali untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Diantaranya perlakuan 1 ialah mencampurkan tanah dengan calsium oksida perlakuan 2 ialah mencampurkan tanah dengan gypsum dan perlakuan 3 mencampurkan antara gypsum dan calsium oksida dengan perbandingan 2:5:10.

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Pengukuran Tahanan Pentanahan Tanpa Perlakuan

Pengukuran dilakukan dengan cara menanam batang elektroda secara langsung kedalam tanah. Elektroda rod ditanam langsung ditanah ladang dengan menggunakan bantuan palu sedalam 90 cm dari panjang elektroda 100 cm. Pengukuran dilakukan dengan Menggunakan metode 3 titik. Berikut gambar elektroda rod yang ditanam ditanah. Pengukuran tanpa perlakuan imi menjadi referensi kenaikan dan penurunan resistasni setelah tanah diberi perlakuan yaitu ditambahkan dengan kapur maupun gypsum.

Tabel 3. Resistansi Tanpa Perlakuan

Jenis elektroda	Pengukuran Resistansi (Ω)					Rerata
	1	2	3	4	5	
Tembaga	281	313	288	280	282	289
Baja	273	275	278	280	279	277

Besarnya nilai tahanan pentanahan ($\Omega.m$) untuk elektroda batang atau elektroda *rod* (Hutahuruk, 1982), dengan panjang elektroda 1 m berdiameter 0,15 m dan dengan resistansi pentanahan rerata pada elektroda tembaga sebesar 289 Ω maka secara teoritis nilai tahanan jenis tanah dapat dihitung,

$$289 \Omega = \frac{\rho}{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \text{ m}} \left[\ln \left(\frac{4 \cdot 1 \text{ m}}{0,015 \text{ m}} \right) - 1 \right]$$

$$289 = \frac{\rho}{2 \cdot 3,14 \cdot 1} [4,59] \Omega.m$$

$$\rho = \frac{289}{0,73025} \Omega \cdot m$$

$$\rho = 395,75 \Omega \cdot m$$

Sedangkan pada elektroda baja dengan nilai resistansi sebesar 277 Ω , maka nilai tahanan jenis tanah dapat dihitung,

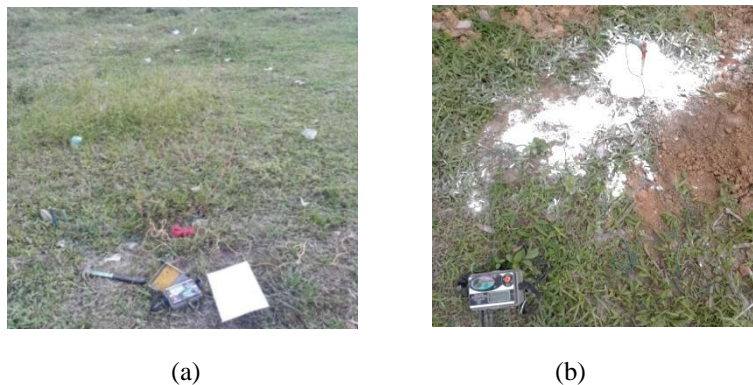
$$277 \Omega = \frac{\rho}{2 \cdot 3,14 \cdot 1 m} \left[\ln \left(\frac{4 \cdot 1 m}{0,015 m} \right) - 1 \right]$$

$$277 = \frac{\rho}{2 \cdot 3,14 \cdot 1} [4,59] \Omega \cdot m$$

$$\rho = \frac{277}{0,73025} \Omega \cdot m$$

$$\rho = 379,32 \Omega \cdot m$$

Besarnya nilai tahanan jenis tanah 379,32-395,75 $\Omega \cdot m$ menunjukkan bahwa jenis tanah lokasi pengukuran adalah mendekati tanah jenis kerikil basah yang berdasarkan referensi adalah 500 $\Omega \cdot m$. Adapun hasil pengukuran resistansi pentanahan dengan 3 perlakuan lainnya juga dilakukan eksperimen dan dihitung dengan cara yang sama.



Gambar 1. (a). Penanaman Elektroda Tanpa Perlakuan
(b). Penanaman Elektroda dengan Pencampuran Kapur (CaO)

B. Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan Pencampuran Kalsium Oksida

Modifikasi tanah dari tanah ladang menjadi tanah ladang dengan kandungan kalsium oksida. pada pengukuran ini tanah diberi perlakuan dengan penambahan kalsium oksida menggunakan bantuan media karung bekas. Dengan cara, karung bekas yang berukuran panjang 70 cm lebar 40 cm, dicampur antara tanah dan kalsium oksida dengan isi seberat 10 kg. Batang elektroda ditanam di dalam karung sebagai media pembatas yang berisi campuran antara kalsium oksida dan tanah,

Tabel 4. Resistansi Pentanahan dengan Pencampuran Kalsium Oksida						
Jenis Elektroda	Pengukuran Resistansi (Ω)					Rerata
	1	2	3	4	5	
Tembaga	533	560	543	550	547	547
Baja	756	759	762	728	719	745

Besarnya nilai tahanan jenis pentanahan ($\Omega \cdot m$) untuk elektroda batang atau elektroda *rod* dengan penambahan kalsim oksida pada elektroda tembaga 749,06 $\Omega \cdot m$, dan dengan elektroda baja 1020,19 $\Omega \cdot m$. Penambahan CaO membuat tanah kerikil basah menjadi lebih kering dengan peningkatan nilai tahanan pentanahan mencapai 155% pada elektroda baja.

C. Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan Pencampuran Gypsum

Pengukuran ini tanah diberi perlakuan dengan menggunakan media satu karung bekas yang berukuran panjang 70 cm lebar 40 cm. Isi dari dari Perlakuan 2 terdiri dari campuran gypsum dan tanah dengan berat 10 kg. Tabel 5 berikut hasil penelitian di lapangan.

Tabel 5. Resistansi Pentanahan dengan Pencampuran Gypsum

Jenis Elektroda	Pengukuran Resistansi (Ω)					Rerata
	1	2	3	4	5	
Tembaga	54,70	93,00	50,92	50,90	69,00	63,70
Baja	56,80	50,00	47,30	53,16	66,34	54,72

Nilai resistansi pentanahan (Ω) mengalami penurunan hingga empat kali lipat dengan penambahan gypsum, tahanan jenis tanah menjadi lebih baik 62,61-87,23 Ω .m, sebagaimana referensi pada Tabel 1, menjadi tanah pertanian yang mampu menyerap banyak air.

D. Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan Penambahan Gypsum dan Kalim Oksida

Pengukuran ini tanah diberi perlakuan dengan menggunakan media satu karung bekas yang berukuran panjang 70 cm lebar 40 cm. Isi dari dari Perlakuan 3 terdiri dari tanah dan 2 campuran zat aditif, gypsum seberat 5 kg, kalsium oksida dengan berat 10 kg.

Tabel 6. Resistansi Pentanahan dengan Penambahan Gypsum dan Kalsium Oksida

Jenis Elektroda	Pengukuran Resistansi (Ω)					Rerata
	1	2	3	4	5	
Tembaga	1250	1136	1152	1092	1190	1164
Baja	1064	1069	1093	1095	1113	1087

Pengukuran dari percobaan penambahan gypsum dan kapur mendapati nilai resistansi pentanahan yang naik cukup signifikan. Tanah menjadi semakin kering, terlihat pada kenaikan nilai resistansi pentanahan dan tahanan jenis tanah menjadi lebih besar yaitu 1488,53-1593,97 Ω .m atau menjadi tanah kerikil kering dengan nilai referensi (Tabel 1) 1000 Ω .m.

V. KESIMPULAN

Penambahan gypsum pada tanah kerikil basah dapat membantu menurunkan resistansi pentanahan dan mampu merubah tahanan jenis tanah kerikil basah menjadi tanah ladang yang mampu menyerap banyak air tahanan jenis tanah menjadi lebih baik dengan nilai tahanan jenis tanah 62,61-87,23 Ω .m. Sebaliknya penambahan kalsium oksida dan pencampuran antara gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan kalsium oksida (CaO) menjadikan tanah dari kerikil basah menjadi kerikil kering dengan nilai tahanan jenis tanah mencapai 1593,97 Ω .m pada elektroda baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, D., Mantin, Y., & Gusmedi, H. (2016). *Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi*. *Electrician*, 10(1), 50-59.
- Hermansyah. (2018). *Studi Kelayakan Sistem Grounding Pada Instalasi Listrik Gedung Fakultas Teknik Komputer Universitas Cokroaminoto Palopo*. *dComPuterE*, 8(2), 40-43.
- Hermanto, D., Ahmadi, P., & Yuniarti, E. (2017). *Penggunaan Gypsum dan Magnesium Sulfat Sebagai upaya Menurunkan Resistansi Pentanahan*. *Surya Energi*, 2(1), 140-148.
- Hutahuruk, T. S. (1991). *Transmisi Daya Listrik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Nasional, B. S. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Indonesia.

- Siswantoro, Kurnianto, R., & Rajagukguk, M. (2018). *Studi Pengaruh Korosi Terhadap Resistansi Sistem*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 2(1), 1-6.
- Soeprapto, & Rida. (1981). *Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Tanjung, A. (2015). *Analisis Sistem Pentanahan Transformator Distribusi Di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru*. Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, 12(2), 292 - 299.
- Widyaningsih, W. P. (2013). *Perubahan Konfigurasi Elektroda Pentanahan Batang Tunggal untuk Mereduksi Tahanan Pentanahan*. EKSERGI, 9(2), 47-51. Diambil kembali dari <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/eksergi/article/view/187>
- Yuniarti, E. (2015). *Pengaruh Penambahan Gypsum dalam Mereduksi Nilai Resistansi Pentanahan di Tanah Ladang*. Berkala Teknik, 5(1), 769-778.